

论著

# Application of Optimized Contrast Injection Program Combined with Low-Dose Scanning Mode in Head and Neck CTA

ZHANG He,XU Kai,WANG Chong,MENG Chong,SUN Cun-jie<sup>\*</sup>.

Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University,Xuzhou 221004,Jiangsu Province,China

## ABSTRACT

**Objective** To explore the application value of an optimized contrast injection program based on the patient's height and weight combined with low-dose scanning in head and neck vascular imaging.

**Methods** 100 collected patients who were to undergo head and neck CTA scans were randomly divided into group A and group B. Group A was treated with conventional contrast medium injection and a conventional dose scanning scheme. Group B adopted a customized low-contrast injection method and low-dose scanning plan based on the patient's weight and height. The CT values and image noise of arterial vessels at aortic arch, common carotid artery, internal carotid artery and middle cerebral artery of the two groups were measured, and the image quality, radiation dose and iodine intake of the two groups were compared. Subjective score and contrast agent retention score of image quality were performed. **Results** The image quality of the two groups could meet the clinical diagnosis, but the radiation dose of group A was higher than that of group B ( $P<0.05$ ); the superior vena cava and subclavian vein excited large contrast agent retention artifacts. The average injection contrast dose, iodine intake, The injection rate and iodine flow rate were higher than in group B ( $P<0.05$ ). **Conclusion** The optimized contrast injection scheme based on height and weight combined with low-dose scanning for head and neck CTA is feasible and worthy of clinical application.

**Keywords:** Tomography; X-ray Computed; Low Contrast Agent Dosage; Low Injection Flow Rate; Low Radiation Dose

## 优化对比剂注射方案联合低剂量扫描模式在头颈部CTA中的应用

张贺 徐凯 王冲

孟冲 孙存杰\*

徐州医科大学附属医院影像科

(江苏 徐州 221004)

**[摘要]** 目的 探讨基于患者身高和体重的优化对比剂注射方案结合低剂量扫描在头颈CTA中的应用价值。**方法** 连续收集100例拟行头颈部CTA扫描的患者随机分成A、B两组，A组采用常规对比剂注射方式和常规剂量扫描方案。B组采用基于患者体重和身高的低对比剂注射方式和低剂量扫描方案。测量两组图像主动脉弓、颈总动脉、颈内动脉、大脑中动脉3个层面动脉血管的CT值和图像噪声，并比较两组图像质量，辐射剂量和碘摄入量，对图像质量进行主观评分和对比剂滞留评分。**结果** 两组图像质量均可满足临床诊断，但A组辐射剂量高于B组( $P<0.05$ )；上腔静脉和锁骨下静脉对比剂滞留伪影大，平均注射对比剂量、碘摄入量、注射速率和碘流率均高于B组( $P<0.05$ )。**结论** 基于身高和体重的优化对比剂注射方案联合低剂量扫描行头颈CTA具有可行性，值得临床推广应用。

**【关键词】** 体层摄影术，X线计算机；低对比剂剂量；低注射流率；低辐射剂量

【中图分类号】 R323.1

【文献标识码】 A

【基金项目】 徐州市科学技术局重点研发计划  
(社会发展)(KC18209)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.02.018

近年来，头颈部螺旋CT血管造影(CT angiography, CTA)具有无创、快速等优点被广泛应用于脑血管疾病的检查<sup>[1-2]</sup>。但常规头颈CTA扫描常需要大剂量的对比剂来维持血管内碘浓度，且辐射剂量大，导致受检者患癌风险及对比剂肾病(contrast induced nephropathy, CIN)发病风险增加<sup>[3-4]</sup>。碘对比剂可能诱发的毒副反应(对比剂渗漏、对比剂肾病、过敏反应等)的发生率和对比剂总量、注射速率呈正相关，对比剂剂量大、浓度高、流率快的CTA检查，发生副反应的几率更高<sup>[5-6]</sup>。因此本研究探讨基于体重和身高的低对比剂剂量、低注射速率的对比剂注射方案联合低剂量扫描在头颈CTA成像中的应用价值，现报道如下。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 选取2021年1月至2021年5月在我院行头颈部CTA检查的100例患者，随机分为A组和B组，每组各50例。

排除标准：体质指数(BMI)>30kg/m<sup>2</sup>；碘对比剂过敏患者；妊娠期及哺乳期妇女；有严重的心、肝、肺、肾功能不全者；患者躁动无法配合检查。

**1.2 仪器与方法** 采用Philips Brilliance ict(飞利浦，荷兰)256层螺旋CT设备。患者呈仰卧位体位，头先进，双上肢紧贴身体两侧，嘱患者平静呼吸，勿做吞咽动作。扫描方向由足到头，范围自主动脉弓扫描至颅顶。经右侧肘前静脉团注非离子型对比剂碘佛醇(350mgI/mL)。A组对比剂注射方案：对比剂剂量60mL，注射速率5mL/s，随后注射30mL生理盐水冲管。采用管电压为120kV，管电流250mA扫描；B组对比剂注射方案：对比剂注射剂量=[身高+体重-100]/2\*K，(当患者体重≥75kg时，K=0.7；体重<75kg,K=0.6)；对比剂注射速率=对比剂注射剂量/11 (mL/s)，随后注射30mL生理盐水冲管。采用管电压为100kV，管电流150mA扫描。其余参数两组一致：探测器准直(128×0.625)mm，螺距0.992，旋转时间0.5s/r，层厚0.9mm，层间距0.45mm，矩阵512×512。采用智能追踪触发技术(bolus tracking)，将感兴趣区(Region of interest, ROI)置于气管分叉下1cm层面的降主动脉，触发扫描阈值130Hu。将原始图像传到Extend Brilliance Workspace后处理工作站，由两名分别具有5年、15年头颈部CTA诊断经验的放射科医师分别对两组图像进行容积再现(volume rendering, VR)、最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)，多平面重组(multiple planar reconstruction, MPR)以及曲面重组(curved planar reformation, CPR)等图像处理。

## 1.3 图像分析评价

**1.3.1 客观评价** 测量两组图像主动脉弓、颈总动脉、大脑中动脉和上腔静脉的CT值，测量右侧胸锁乳突肌1/2处的CT值和标准差(Standard deviation, SD)值，利用公式计

【第一作者】 张贺，男，主管技师，主要研究方向：放射技术。E-mail: 314390107@qq.com

【通讯作者】 孙存杰，男，主任技师，主要研究方向：放射技术。E-mail: suncunjie@163.com

算对比噪声比(contrast noise ratio, CNR)和信噪比(signal noise ratio, SNR):  $CNR = (CT\text{血管}-CT\text{肌肉})/SD\text{血管}$ ;  $SNR = CT\text{血管}/SD\text{血管}$ 。

1.3.2 主观评价 由两名分别具有5年、15年头颈部CTA诊断经验的放射科医师独立阅片,采用双盲法对轴位原始图像、后处理进行主观评分,意见不一致时,协商后作出最终判读。评分标准<sup>[7]</sup>: 5分,图像对比度极好,极好的图像分辨率,噪声小,无伪影,图像满足临床诊断需要;4分,图像对比度良好,少许伪影不影响诊断准确性,能够满足临床诊断;3分,图像有伪影,但仍然可以满足临床诊断;2分,图像对比度差,有伪影且影响诊断准确性;1分,图像质量极差,不能满足诊断。对上腔静脉和锁骨下静脉内的对比剂滞留情况采用3分制,评分标准<sup>[13]</sup>: 1分,上腔静脉和锁骨下静脉血管显示良好,无对比剂滞留伪影;2分,上腔静脉和锁骨下静脉血管显示较好,有少许对比剂滞留伪影,但不影响诊断准确性;3分,上腔静脉和锁骨下静脉内均有对比剂滞留伪影,影响诊断准确性。

1.3.3 对比剂碘摄入量和碘流率 比较两组平均对比剂总量和平均注射速率,并计算碘摄入量和碘流率,计算公式<sup>[6,8]</sup>: 碘摄入量(g)=对比剂浓度(mgl/mL)×对比剂量(mL)/1000,碘流率(gl/s)=对比剂浓度(mgl/mL)×对比剂注射速率(mL/s)/1000。

1.3.4 辐射剂量 记录机器自动生成的容积CT剂量指数(volume CT dose index, CTDI<sub>vol</sub>)和剂量长度乘积(dose length product, DLP),并计算有效剂量(effective dose, ED):  $ED = DLP \times k$ 。

**1.4 统计学方法** 采用SPSS 22.0软件进行数据分析。计量资料采用两独立样本t检验,以( $\bar{x} \pm s$ )表示,等级资料用Mann-Whitney U检验,图像质量主观评分用Kruskal-Wallis检验比较,以 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

## 2 结 果

**2.1 一般资料和辐射剂量比较** 两组患者在性别、年龄和BMI的一般资料中比较,差异均无统计学意义。A组和B组CTDI<sub>vol</sub>分别为( $31.00 \pm 0.01$ )、( $11.66 \pm 0.02$ )mGy,DLP分别为( $1372.62 \pm 63.78$ )、( $515.84 \pm 28.25$ )mGy·cm,ED分别为( $4.26 \pm 0.20$ )、( $1.60 \pm 0.09$ )mSv,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。见表1。

**2.2 图像质量客观评价** 两组图像动脉血管(主动脉弓、颈总动脉、大脑中动脉)CT值比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。上腔静脉CT值比较,A组均高于B组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。两组图像SNR和CNR比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),见表2。

**2.3 对比剂注射剂量和注射速率、碘摄入量和碘流率比较** A组和B组平均对比剂量、碘摄入量、平均注射速率、碘流率比较,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。见表3。

**2.4 图像质量主观评价与对比剂滞留情况评分** 两组图像质量均能满足临床诊断的要求,主观评分差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。锁骨下静脉和上腔静脉内的对比剂滞留情况评分差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),见表4。如图1、2所示轴位和CPR图像对比剂滞留情况。

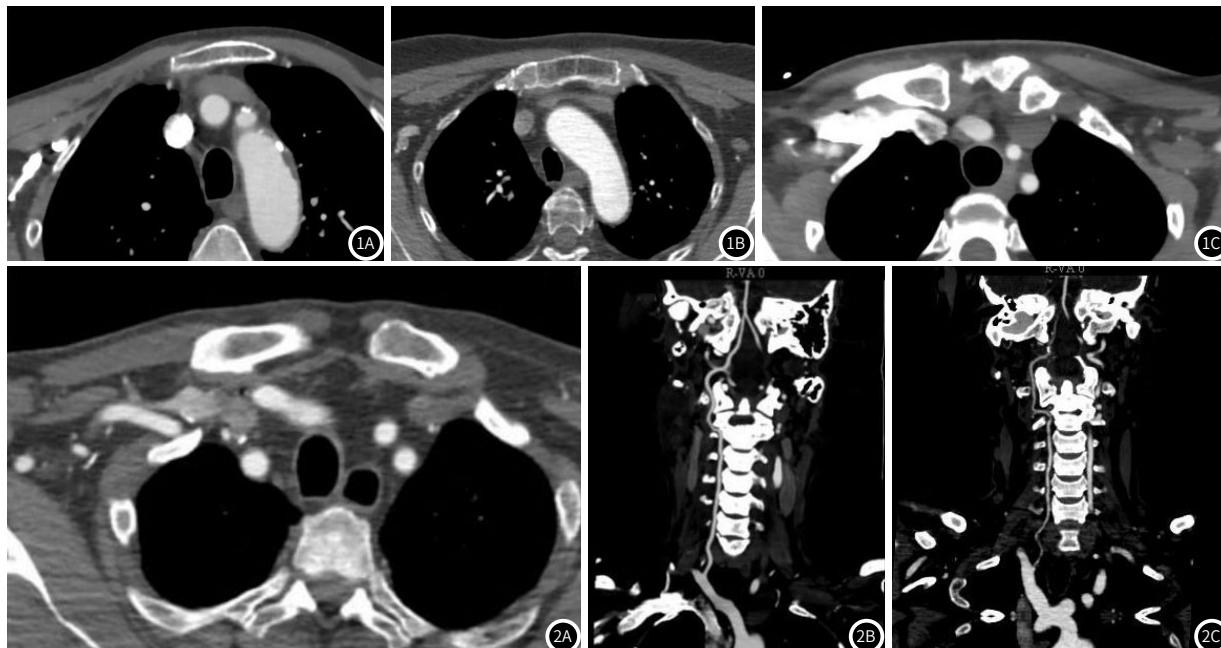


图1 像静脉对比剂滞留伪影严重,图1C显示CPR图像静脉对比剂滞留伪影。图2基于身高和体重的优化对比剂方案:对比剂量42mL,注射流率3.8mL/s。扫描参数:100kV,150mA。图2A~图2B:分别显示轴位图像静脉显示清晰,基本无对比剂滞留。图2C显示CPR图像血管显示清晰,无静脉伪影干扰。

表1 一般资料和辐射剂量比较

组别	例数	性别(男/女)	年龄(岁)	BMI(kg/m <sup>2</sup> )	CTDI <sub>vol</sub> (mGy)	DLP(mGy·cm)	ED(mSv)
A组	50	33/17	63.18±11.26	24.87±3.26	31.00±0.01	1372.62±63.78	4.26±0.20
B组	50	31/19	61.26±12.34	24.20±2.46	11.66±0.02	515.84±28.25	1.60±0.09
$\chi^2/t$		0.174a	0.813	1.161	-7.727	-7.202	-7.206
P		0.677	0.418	0.248	<0.001	<0.001	<0.001

表2 各血管CT值(HU)和SNR和CNR比较

组别	主动脉弓	右颈总动脉	大脑中动脉	上腔静脉	SNR	CNR
A组	373.46±28.94	362.10±39.07	332.76±33.44	144.22±42.12	60.85±9.24	44.41±9.53
B组	356.98±35.65	352.88±37.25	321.32±35.84	104.02±25.32	62.29±9.67	51.35±9.66
t	-0.542	1.208	1.650	4.900	-3.121	-3.523
P	0.589	0.230	0.102	<0.001	0.065	0.052

表3 对比剂注射剂量和注射速率、碘摄入量和碘流率比较

组别	平均注射对比剂量(mL)	注射流速(mL/s)	碘摄入量(g)	碘流率(g/s)
A组	60.00	5.00	21.00	1.58
B组	41.50±6.60	3.77±0.52	14.04±1.69	1.28±0.16
t	21.85	13.59	29.19	13.75
P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表4 图像质量主观评价与对比剂滞留情况评分

组别	例数	主观评分					对比剂滞留情况评分		
		1分	2分	3分	4分	5分	1分	2分	3分
A组	50	0	0	17	26	7	12	34	4
B组	50	0	0	15	27	8	4	25	21
x <sup>2</sup>		4.07			8.172				
P		0.226			<0.001				

### 3 讨论

头颈部CTA是筛查脑和颈部血管疾病的首选检查方法，但由于常规检查范围大，常规检查辐射剂量高，对比剂注射总量大、注射流率快，不仅会对患者身体造成一定的辐射损伤，还会增加对比剂不良反应的发生率<sup>[9]</sup>。本研究在飞利浦Brilliance ict 256层螺旋CT机上采用管电压100kV，固定管电流150mAs的低剂量扫描方式行头颈部CTA，同时结合基于患者体重计算出的对比剂注射剂量和注射速率的注射方案，所扫描出的图像质量满足临床诊断要求，同时大大减少对比剂剂量和注射速率，具有可行性。

**3.1 辐射剂量** 研究表明管电流、管电压、螺距、扫描范围、层厚等都是影响CT辐射剂量的因素<sup>[10]</sup>，其中管电流和管电压是最重要的影响因素。mAs是在规定的曝光时间内X射线的光子数量，其与CTDI<sub>vol</sub>呈正比关系，降低mAs能显著地减少受检者辐射剂量。辐射剂量与管电压的平方成正比，减少管电压对降低辐射剂量的效果更为显著<sup>[11]</sup>。本研究中B组采用低管电压、低管电流的扫描模式，其辐射剂量明显低于A组，因此，采用低管电压和低管电流的扫描方式可以在一定程度上降低患者的辐射剂量，减少辐射损伤的发生率。

**3.2 对比剂注射方案** 由对比剂引发不良反应的发生率和严重程度与对比剂的浓度、渗透压、剂量、注射方式和注射速率有关<sup>[12]</sup>，过高的对比剂剂量以及过快的注射速率都会带来潜在的风险。对比剂剂量增加，团注时间延长，注射及扫描触发的时间间隔缩短，盐水不能充分稀释静脉血管内对比剂，导致对比剂滞留增加<sup>[13]</sup>。常规头颈CTA检查中对比剂滞留导致锁骨下静脉及上腔静脉内产生对比剂伪影，影响图像观察。因此在满足临床诊断需求，保证图像质量的同时，尽量降低对比剂剂量以及对比剂注射速率<sup>[14]</sup>。本研究将患者身高和体重考虑在内，采用基于体重和身

高的低对比剂剂量、低注射速率的对比剂注射方案的计算方法，得出的平均对比剂剂量和平均注射速率均远小于常规剂量组，总碘摄入量和碘流率也均小于常规剂量组，两组图像的主观评分无差异，说明两组的图像质量均可以满足图像诊断需求。

本研究的局限性：1.本研究仅选取了BMI<30kg/m<sup>2</sup>的患者，对于BMI较大的人群还有待进一步研究。2.本研究中未探讨对比剂浓度因素，采用低浓度对比剂结合低剂量对比剂和低注射速率是否可以获得满足临床诊断的图像尚不清楚。

综上所述，采用个体化定制的对比剂注射方案结合低管电压和低管电流的扫描模式行头颈CTA检查，可以获得满足诊断需求图像的同时，大幅度降低患者的辐射剂量和减少对比剂剂量及注射速率，值得临床推广应用。

### 参考文献

- [1] 唐辉军,陈文宽.头颈部CTA对急性缺血性脑卒中早期的诊断价值分析[J].影像研究与医学应用,2020,4(20):158-160.
- [2] Westeriaan Henriëtte E, van Dijk J M C, van Dijk M J, et al. Intracranial aneurysms in patients with subarachnoid hemorrhage: CT angiography as a primary examination tool for diagnosis—systematic review and meta-analysis[J]. Radiology, 2011, 258(1):134-145.
- [3] Barbic David, Barbic Skye, Dankoff Jerrald. An exploration of Canadian emergency physicians' and residents' knowledge of computed tomography radiation dosing and risk[J]. CJEM, 2015, 17(2):131-139.
- [4] Golshahi Jafar, Nasri Hamid, Gharipour Mojgan. Contrast-induced nephropathy: A literature review[J]. J Nephropathol, 2014, 3(2):51-56.
- [5] 肖正远,戴贵东,兰永树.对比剂的用量及注射速率对头部多层螺旋CT血管成像质量的影响[J].实用放射学杂志,2013,29(3):451-454.
- [6] 武洪林,李俊,李红尧,等.双源CT低管电压及低剂量等渗对比剂在头颈部CTA中的初步研究[J].医学影像学杂志,2017,27(7):1213-1217.
- [7] L. Schimmoeller, R. S. Lanzman, P. Heusch, et al. Impact of organ-specific dose reduction on the image quality of head and neck CT angiography[J]. Eur Radiol, 2013, 23(6):1503-1509.
- [8] 王甜,刘铁军,曹治婷,等.对比剂不同注射速率在低剂量CT肺动脉成像中的应用[J].医学影像学杂志,2020,30(7):1190-1193.
- [9] 胡仕北,周璐,何长久,等.低管电压联合低碘对比剂在CTPA中的可行性研究[J].国际医学放射学杂志,2018,41(6):668-671.
- [10] 李玮,刘建新,王霄英,等.低电压、低对比剂剂量头颈CTA的可行性研究[J].放射学实践,2013,28(5):482-485.
- [11] 黄涛,马隆伟,毛一朴,等.低电压与个体化对比剂用量结合迭代算法头颈部CTA应用[J].放射学实践,2020,35(6):790-795.
- [12] 卞东景,周刚.双低剂量联合迭代重建算法在头颈部CTA检查中的应用研究[J].中国CT和MRI杂志,2017,15(12):19-21,25.
- [13] 陈钰,朱元利,薛华丹,等.第3代双源CT 70 kV管电压和20~25ml对比剂模式下行头颈联合CT血管成像在体质量小于75 kg人群中的效果[J].中国医学科学院学报,2017,39(1):4-11.
- [14] 普福顺,吴晶晶,罗家滨,等.小剂量对比剂CTA在头颈血管病变筛查中的应用[J].中国CT和MRI杂志,2019,17(1):61-62,140,封4.

(收稿日期: 2021-09-17)

(校对编辑: 姚丽娜)